

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

第2992770号

(45)発行日 平成11年(1999)12月20日

(24)登録日 平成11年(1999)10月22日

(51)Int.Cl.<sup>9</sup>

識別記号

FI

B23Q 3/08

B23Q 3/08

Z

C09J 5/00

C09J 5/00

H01L 21/68

H01L 21/68

N

請求項の数11(全 18 頁)

(21)出願番号 特願平9-507480

(86) (22)出願日 平成8年(1996)8月12日

(86)国際出願番号 PCT/JP96/02282

(87)国際公開番号 WO97/06920

(87)国際公開日 平成9年(1997)2月27日

審査請求日 平成10年(1998)6月12日

(31)優先権主張番号 特願平7-232027

(32)優先日 平7(1995)8月17日

(33)優先権主張国 日本(JP)

(73)特許権者 999999999

垂水 禧亨

神奈川県横浜市青葉区市ヶ尾町1164番地一12

(72)発明者 垂水 禧亨

神奈川県横浜市青葉区市ヶ尾1164番地一12

(74)代理人 弁理士 黒田 泰弘

審査官 八日市谷 正朗

(56)参考文献 特開 昭62-252945(JP, A)

特開 平6-31567(JP, A)

特開 平2-124243(JP, A)

特開 平6-39666(JP, A)

特開 昭58-165941(JP, A)

特公 昭42-2787(JP, B1)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 凍結チャック式機械加工法及び凍結チャック式機械加工法用ワーク固定装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】固定用面と該固定用面を温度制御する手段を備えた凍結式チャック装置によりワークを固定して機械加工する方法において、シリコンオイル又はこれを主成分とする高分子系凝固剤をすくなくともワークと固定用面の間に介在させ、固定用面を冷却することにより前記高分子系凝固剤を接着媒体としてワークを固定することを特徴とする凍結チャック式機械加工法。

【請求項2】ワークを支持するパレットと、固定用面と該固定用面を温度制御する手段を備えた凍結式チャック装置とを使用し、ワークをパレットに固定しそのパレットを凍結用チャック装置に固定してワークを機械加工する方法であって、シリコンオイル又はこれを主成分とする高分子系凝固剤をすくなくともワークとパレットの間に介在させ、パレットを冷却することにより前記高分子

系凝固剤を接着媒体としてワークを固定するようにしたことを特徴とする凍結チャック式機械加工法。

【請求項3】高分子系凝固剤が、液状物である請求範囲1または2に記載の凍結チャック式機械加工法。

【請求項4】高分子系凝固剤が、粘度調整剤を混入したクリーム状物ないしペースト状物である請求範囲1または2に記載の凍結チャック式機械加工法。

【請求項5】高分子系凝固剤として、液状物と粘度調整剤を混入したクリーム状物ないしペースト状物とを併用する請求範囲1または2に記載の凍結チャック式機械加工法。

【請求項6】シリコンオイルが凝固点が常温に近い低分子シリコンオイルである請求範囲1ないし5のいずれかに記載の凍結チャック式機械加工法。

【請求項7】固定用面と該固定用面を温度制御するため

の冷却用流体の通路を備えた少なくとも第1と第2の凍結式チャック装置を用意する一方、加工機械の近傍と加工機械外の位置には冷却用流体を供給する第1と第2の循環式冷却装置を配し、次の工程を逐次繰り返すことを特徴とする請求範囲1、3ないし6のいずれかに記載の凍結チャック式機械加工法。

a. 第1の凍結式チャック装置の固定用面上に高分子系凝固剤を介してワークを配し、第1の凍結式チャック装置を加工機械外位置にある第2の循環式冷却装置と接続して高分子系凝固剤を凝固点以下の温度に冷却することにより高分子系凝固剤を接着媒体としてワークを第1の凍結式チャック装置に固定する。

b. ワークを固定した前記第1の凍結式チャック装置を第2の循環式冷却装置と切離し、加工機械のテーブル上に移して機械的に固定するとともに、第1の循環式冷却装置と接続して高分子系凝固剤を凝固点以下の温度に維持しながら機械加工を行う。

c. 前記機械加工を行っている間に、次に加工すべきワークを第2の凍結式チャック装置の固定用面上に高分子系凝固剤を介して配置し、該第2の凍結式チャック装置を加工機械外位置にある第2の循環式冷却装置と接続して高分子系凝固剤を凝固点以下の温度に冷却することにより高分子系凝固剤を接着媒体としてワークを第2の凍結式チャック装置に固定しておく。

d. 前記機械加工後、第1の凍結式チャック装置を第1の循環式冷却装置と切離して加工機械のテーブル上から除去する一方、第2の凍結式チャック装置を第2の循環式冷却装置と切離して加工機械のテーブル上に移して機械的に固定し、第1の循環式冷却装置と接続することで高分子系凝固剤を凝固点以下の温度に維持しながら次の機械加工を行う。

【請求項8】加工機械上に固定用面と該固定用面を温度制御する手段を備えた凍結式チャック装置を配し、加工機械から外れた位置にはブリーカーを配し、さらに複数枚のパレットを使用し、次の工程を逐次繰り返すことを特徴とする請求範囲2ないし6のいずれかに記載の凍結チャック式機械加工法。

a. 第1のパレット上に高分子系凝固剤を介してワークを配し、前記第1のパレットを高分子系凝固剤の凝固点以下の温度に保持した前記ブリーカーに載せ、それにより高分子系凝固剤を接着媒体としてワークを第1のパレットに固定する。

b. ワークを固定した前記第1のパレットをブリーカーから取外し、凍結式チャック装置の固定用面に載せて固定した機械加工を行う。

c. 前記機械加工を行っている間に、次に加工すべきワークを高分子系凝固剤を介して第2のパレットに載せ、該第2のパレットをブリーカーに載せて冷却し高分子系凝固剤を接着媒体としてワークを固定しておく。

d. 前記機械加工後、凍結式チャック装置上の第1のパレ

ットの固定を解除して移動する一方、第2のパレットをブリーカーから凍結式チャック装置の固定用面に載せて固定する。

【請求項9】固定用面と該固定用面を温度制御する手段と、少なくともワークと固定用面の間に介在され、固定用面を冷却することによりワークを固定するシリコンオイル又はこれを主成分とする高分子系凝固剤からなることを特徴とする凍結チャック式機械加工用ワーク固定装置。

【請求項10】ワークを支持するパレットと、固定用面と該固定用面を温度制御する手段と、少なくともワークとパレットの間に介在され、パレットを冷却することによりワークを固定するシリコンオイル又はこれを主成分とする高分子系凝固剤からなることを特徴とする凍結チャック式機械加工用ワーク固定装置。

【請求項11】高分子系凝固剤が、液状物又は／及び粘度調整剤を混入したクリーム状物ないしペースト状物である請求範囲9または10に記載の凍結チャック式機械加工用ワーク固定装置。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 技術分野

本発明は凍結チャック式機械加工法、さらに詳細にはワークを媒体を凍結することにより位置固定して機械加工する方法とこの方法のためのワーク固定装置に関する。

#### 背景技術

ワークに対してフライス加工、研削加工、旋削加工、研磨加工、切断加工、ダイシング加工、穴明け加工、彫刻加工などの機械加工を行う場合には、ワークを加工機械テーブル上にしっかりと固定（チャッキング）することが必要である。

このワークの固定方法として、従来ではマグネットチャック、真空チャック、バイスなどが用いられていたが、ワークの材質、形状などの制限がつきまとい、ワークが薄かったり、こわれやすかったり、複雑な形状であったりした場合にワークを確実、安定的に固定することができないという問題があった。

この対策として、水を接着媒体とする凍結チャック法と装置が提案されている。この先行技術は、銅など熱伝導性の良好な材質からなる冷凍用プレートを用い、この冷凍用プレート上に水を霧状に塗布し、その上にワークを載せ、この状態で冷凍用プレートより下方に設けられている熱電素子に通電することにより冷凍用プレートの上面温度を0℃以下に冷し、それにより水を結水させ、氷膜によりワークを固定する方法である。

しかし、かかる先行技術は、いまだ次のような問題があった。

(1) 加工液を使用して加工することが不可能ないし困難である。

機械加工中にワークと工具との間に発生する加工熱は

加工面を著しく損傷し、また工具の寿命を短くする。そこでこのワークを凍結方式により固定する方法においても、汎用の機械加工法と同じように加工液ないしクーラント液（以下、加工液と称す）を使用することが適切である。しかしながら、加工液の温度は、一般にワークを固定している水の温度よりも高い。このため、加工液を加工面に供給すると氷膜が溶解され、加工中にワークが固定用面から外れて加工不能となるばかりでなく、テーブルから外れて飛び出すためきわめて危険であった。

この対策として、不凍液を含む水溶性の加工液を用い、これを氷点以下に冷却して使用しても、水は水と親和性が強い、やはり加工液がワークを固定している水を溶解しやすく、ワークの固定解除が起りやすい。こうしたことから、先行技術の方法は、事実上、加工液を使用しない乾式加工にしか適用することができなかった。

(2) 加工中に氷がワークに積層することにより工具の動きが阻害されやすい。

たとえばワークの切断加工やダイシング加工を行った場合に、加工中、水溶性加工液や空気中の水分がワーク上に結氷して積層する。この氷が工具のフランジやマンドレル等に接触し、工具の動きに障害を与えるため、精密な加工が困難となったり、工具や主軸を損傷するといったトラブルが生じやすかった。

(3) 慣用のチャック手段に比べてワークの着脱能率が悪く、またコストアップにつながる。

先行技術は水を凍結させて氷膜でワークを固定するが、実際上は、冷凍用プレートの上面温度を $-5^{\circ}\text{C}$ よりも低い温度たとえば $-10^{\circ}\text{C}$ 程度にしなければ十分な固定力を得ることができず、また、加工後には $0^{\circ}\text{C}$ 以上に温度上昇させなければワークを取り出すことができない。このため、冷凍用プレート上でのワークの固定と離脱にそれぞれ1～3分という長い時間を要する。

この打開策として、従来では次のような方法を取っていた。すなわち、真空チャック機能を付加した冷凍チャック装置と、真空チャック機能を有しない冷凍チャック装置とを用い、前者を加工機械のテーブル上に配置し、後者を加工機械の外部（機外）に配置する。そして、それら2セットの冷凍チャック装置に加えて、アルミニウムからなる複数枚のアダプタープレートを準備しておき、機上の冷凍チャック装置を使用してワークを固定して機械加工している間に、次の加工分のワークをアダプタープレートに固定しておくサイクルを採用している。

すなわち、まず、機外の冷凍チャック装置における冷凍用プレートの上面に不凍液の膜を形成しておき、これに載せられるアダプタープレートの上にワークを載置するとともに水を塗布し、この状態で冷凍チャック装置を作動して予めワークをアダプタープレートに凍結固定させた状態とし、この状態で待機する。そして、機上での機械加工が完了したときに、機上の冷凍チャック装置の

真空チャックを作動解除して冷凍用プレートに対するアダプタープレートの固定を解き、前記のように待機していたアダプタープレートを機上の冷凍チャック装置の冷凍用プレート（この上面には不凍液の膜が敷かれている）に載置して、真空チャックを作動させるのである。

しかし、この手法では、冷凍用プレートと、冷凍用プレートの上面温度を $-5^{\circ}\text{C}$ よりも低い温度まで降温させるための熱電素子と、熱電素子による冷却水通路を設けたプラスチック台（ボディ）および該プラスチック台を固定する固定台とを構成要素とする高価な装置が機上用と機外用として2台必要となる。このためコストが2倍となり、電力消費量などのランニングコストも高価になるという問題があった。さらに、機外の冷凍チャック装置で $0^{\circ}\text{C}$ 以下の温度まで冷却しないとワークがアダプタープレート上で位置ずれしてしまい、自動制御による加工が困難となる。

本発明は前記のような問題点を解消するために研究して創案されたもので、その基本的目的は、 $0^{\circ}\text{C}$ よりも高い温度条件においてもまた加工液を使用する湿式加工方式においても、ワークを加工中しっかりと固定して高精度に加工することができ、それでいながらワークの着脱も簡単に能率よく行うことができる実用的な凍結チャック方式による機械加工法を提供することにある。

また本発明の他の目的は、多数のワークの逐次加工をより能率的にしかも安価な装置で行うことができる冷凍チャック方式による機械加工法を提供することにある。

また本発明の他の目的は、前記凍結チャック方式による機械加工法に好適なワーク固定装置を提供することにある。

#### 発明の開示

上記目的を達成するため本発明は、固定用面と該固定用面を温度制御する手段を備えた凍結式チャック装置によりワークを固定して機械加工する方法において、シリコンオイル又はこれを主成分とする高分子系凝固剤をすくなくともワークと固定用面の間に介在させ、固定用面を冷却することにより前記高分子系凝固剤を接着媒体としてワークを固定することを特徴としている。

また、本発明の冷凍チャック方式による機械加工法は、ワークを支持するパレットと、固定用面と該固定用面を温度制御する手段を備えた凍結式チャック装置とを使用し、ワークをパレットに固定しそのパレットを凍結用チャック装置に固定してワークを機械加工する方法であって、シリコンオイル又はこれを主成分とする高分子系凝固剤をすくなくともワークとパレットの間に介在させ、パレットを冷却することにより前記高分子系凝固剤を接着媒体としてワークを固定することを特徴としている。

本発明におけるワーク固定要素としての高分子系凝固剤はシリコンオイル又はこれを主成分としており、凝固点が水のそれよりも高いことに加え、水と親和性が乏

しく良好な撥水性を備えている。

この高分子系凝固剤は、液状物からクリーム状（バター状）ないしペースト状のものをすべて含んでいる。後者のクリーム状ないしペースト状物は簡便にはシリコンオイルに固体粒子からなる粘度調整剤（増ちょう剤）配合することで得られたものである。粘度調整剤としては、各種材質の粉末好ましくは微粉末を用いることができる。

本発明は液状の高分子系凝固剤とクリーム状ないしペースト状の高分子系凝固剤を単体で使用する場合は、両者を併用する場合を含んでいる。クリーム状ないしペースト状の高分子系凝固剤はワークの周囲と固定用面をつなぐように塗着すると非常に効果的にワークを固定することができる。

本発明を適用して加工されるワークは、鉄系、銅系、アルミニウム系、チタン系、シリコン系、ゲルマニウム系などで代表される金属、プラスチック系、ガラス系、カーボン系、セラミック系、木質系、あるいはこれらの2種以上の複合材、水晶、ダイヤモンド、CBN、ルビー、サファイヤなど材質を問わず、また形状、寸法も問わない。

加工方法も、平面研削、成形研削、クリーブ研削、円筒研削などの各種研削加工、旋削加工、研磨加工、切断加工、スライス加工、ダイシング加工、ミーリング加工、溝加工、穴明け加工、彫刻など態様を問わない。

前記ワークはこれに対する加工が表面である場合には、固定用面やパレットに直接固定されてもよいが、切断加工や穴明け加工のように加工が肉厚を貫通するような場合には、ワーク固定用面に対する工具の接触を防止するため抜き代材が本来のワークと固定用面の間に介装される。本発明はこの場合を含んでおり、したがって、本発明において「ワーク」とは加工対象物としての本来のワークはもちろん、抜き代材を層着したものの双方を含む概念である。

本発明は、さらに多数のワークを逐次機械加工するために好適な方法を含んでいる。

その第1の手法は、固定用面と該固定用面を温度制御するための冷却用流体の通路を備えた少なくとも第1と第2の凍結式チャック装置を用意する一方、加工機械の近傍と加工機械外の位置には冷却用流体を供給する第1と第2の循環式冷却装置を配し、次の工程を逐次繰り返す方法である。

a. 第1の凍結式チャック装置の固定用面上に高分子系凝固剤を介してワークを配し、第1の凍結式チャック装置を加工機械外位置にある第2の循環式冷却装置と接続して高分子系凝固剤を凝固点以下の温度に冷却することにより高分子系凝固剤を接着媒体としてワークを第1の凍結式チャック装置に固定する。

b. ワークを固定した前記第1の凍結式チャック装置を第2の循環式冷却装置と切離し、加工機械のテーブル上に

移して機械的に固定するとともに、第1の循環式冷却装置と接続して高分子系凝固剤を凝固点以下の温度に維持しながら機械加工を行う。

c. 前記機械加工を行っている間に、次に加工すべきワークを第2の凍結式チャック装置の固定用面上に高分子系凝固剤を介して配置し、該第2の凍結式チャック装置を加工機械外位置にある第2の循環式冷却装置と接続して高分子系凝固剤を凝固点以下の温度に冷却することにより高分子系凝固剤を接着媒体としてワークを第2の凍結式チャック装置に固定しておく。

d. 前記機械加工後、第1の凍結式チャック装置を第1の循環式冷却装置と切離して加工機械のテーブル上から除去する一方、第2の凍結式チャック装置を第2の循環式冷却装置と切離して加工機械のテーブル上に移して機械的に固定し、第1の循環式冷却装置と接続することで高分子系凝固剤を凝固点以下の温度に維持しながら次の機械加工を行う。

また、第2の手法は、加工機械上に固定用面と該固定用面を温度制御する手段を備えた凍結式チャック装置を配し、加工機械から外れた位置にはブリクレーを配し、さらに複数枚のパレットを使用し、次の工程を逐次繰り返す方法である。

a. 第1のパレット上に高分子系凝固剤を介してワークを配し、前記第1のパレットを高分子系凝固剤の凝固点以下の温度に保持した前記ブリクレーに載せ、それにより高分子系凝固剤を接着媒体としてワークを第1のパレットに固定する。

b. ワークを固定した前記第1のパレットをブリクレーから取外し、凍結式チャック装置の固定用面に載せて固定して機械加工を行う。

c. 前記機械加工を行っている間に、次に加工すべきワークを高分子系凝固剤を介して第2のパレットに載せ、該第2のパレットをブリクレーに載せて冷却し高分子系凝固剤を接着媒体としてワークを固定しておく。

d. 前記機械加工後、凍結式チャック装置上の第1のパレットの固定を解除する一方、第2のパレットをブリクレーから凍結式チャック装置の固定用面に載せて固定する。

さらに前記他の目的を達成するための本発明のワーク固定装置は、固定用面と該固定用面を温度制御する手段と、少なくともワークと固定用面の間に介在され、固定用面を冷却することによりワークを固定するシリコンオイル又はこれを主成分とする高分子系凝固剤からなることを特徴としている。

また、本発明のワーク固定装置は、ワークを支持するパレットと、固定用面と該固定用面を温度制御する手段と、少なくともワークとパレットの間に介在され、パレットを冷却することによりワークを固定するシリコンオイル又はこれを主成分とする高分子系凝固剤からなることを特徴としている。

前記いずれのワーク固定装置においても、高分子系凝固剤は、液状物又は／及び粘度調整剤を混入したクリーム状物ないしペースト状物である。

本発明による利点を挙げると次の通りである。

シリコンオイル又はこれを主成分とする高分子系凝固剤（以下単に高分子系凝固剤と称す）は凝固点が水のそれよりも高く、この高分子系凝固剤をワークと固定用面またはこれに載せられるパレットとワークの間に配し、高分子系凝固剤を接着媒体としてワークの固定を得るようにしている。

このため、固定用面が0℃未満の場合はもちろん0℃を越える温度であっても強い機械加工力に十分耐えうる固定力が得られる。また、ワークを凍結固定させるのに要する時間もきわめて削減されるため、ワーク固定作業の能率化を図ることができる。

また、高分子系凝固剤は凝固点が水のそれよりも高くかつ水との親和性がきわめて乏しい。このため、不凍液などを含有する水溶性あるいは油性の加工液を工具とワークに噴射したり吹き付けたりしても、高分子系凝固剤が溶解される危険性は全くなく、したがって、加工中にワークの固定が解除されてしまうという心配がなく、安全に加工を行うことができる。さらに、0℃以上の温度の加工液を加工局部に集中的に供給してもワークを固定する媒体が溶解することはないから、加工熱の除去、潤滑、切粉や砥粒類の排除といった加工液の特性を十分に発揮させることができ、安全確実に精度のよい加工を行うことができる。

また、加工液の使用温度を比較的高くすることができるから、加工液の冷却装置も小さな能力のもので足りる。さらに、慣用のチャック法の場合に比べてワークの温度が低いため、加工液の使用量も少なくすることができ、これにより加工液をろ過循環させない方式の採用が可能となり、ろ過循環供給設備を省略する事もできる。このため装置コストを下げることができる。

さらに、高分子系凝固剤は水との親和性がきわめて乏しく、撥水性があるため、シリコンウエハーや金属板などに対して切断加工やダイシング加工、スリット加工などを行った場合にも、氷の膜でワークを固定した場合に問題となっていたワークの表面に加工液や空気中の水が凍結し積層し、それが刃先の直上の工具フランジや主軸に接触するといった現象が全く生じない。このため、工具の動きが常に円滑に保たれ、スムーズに精度のよい加工を行うことができる。

また、上記のように加工液の使用が可能になり、加工部に常に新鮮な加工液を供給して切粉や脱着砥粒の排出を促進することができるから、加工面の仕上がりがきれいにすることができる。

高分子系凝固剤として、主成分に個体粒子を混合分散したクリーム状ないしペースト状のものを使用した場合には、主成分の凝固により薄い膜でなくポリウレタンの大

きな塊りとなり、かつ固体粒子が一種の骨剤として働く。このためワークの接着固定力が非常に強くなり、ワークに対する加工力が強大であっても安定的な固定状態を保つことができる。

ことにクリーム状ないしペースト状の高分子系凝固剤を下部が固定用面に接するようにワークの周囲に塗着し、この状態で高分子系凝固剤を凝固させた場合には、ワークは下面だけでなく周囲もがっちりとして剛体により保持固定されるため、ワークをスライス加工した場合にも固定用面から剥がれたりしなくなる。さらにクリーム状ないしペースト状の高分子系凝固剤を固定用面に接するようにワークの周囲に塗着するだけでなくワークの上面を覆うように塗着した場合には、スライス片はポリウレタンの大きな両端接着層とこれをブリッジ状につなぐ上面層とによって強固に固定されるため、スライス片の厚みが薄くても固定面から剥離せず、安定した状態に保たれる。なお、この状況は図13-B、図13-Cを参照されたい。

さらに、従来の氷の凍結方式では、実際上は-10℃以下にしないと十分な固定力が発揮されないため、ワークの着脱に長時間を要したが、高分子系凝固剤は水の凝固点よりも凝固点が高く、0℃以上の温度でもワークを固定用面またはパレットに固定化しておくことができ、ワーク着脱のための温度勾配は5～6℃といった小さな範囲で足りる。

このことから凍結式チャック装置としては0～3℃程度までの冷却能力のものを使用することが可能となり、固定用面を降温させる手段として熱電素子に限られず、水で代表される流体でもよいことになる。この場合には凍結式チャック装置は冷却用流体の通路を設けるだけでよくなるため、薄く軽いプレート状のものにすることができ、加工機械のテーブル上に配置したときに工具の移動の妨げならなくなる。

それゆえ、多数のワークを逐次加工する場合に、第1の手法を採用すれば、パレットを要せず、凍結式チャック装置そのものを交換式の治具として加工機械のテーブル上で取替え、凍結式チャック装置を機上と機外の循環式冷却装置に迅速流体継手を利用して瞬間着脱するだけで簡単且つ能率的にワークの取替えを行うことができる。加工後のワークは凍結式チャック装置の固定用面に固定したままで取り出すことができるため、後の処理も容易である。

また、第2の手法を採用した場合もワークの凍結チャック装置に対する着脱時間を大幅に短縮することができる。また、凍結式チャック装置は機上に1台で足り、機外にはせいぜい2～3℃程度までの冷却能力を持つブリクーラーを使用するだけで足り、このブリクーラーとしては流体循環式の簡易なものを使用することができる。したがって、このパレット循環使用形式の場合にも、装置コストを大幅に低減することができる。

本発明の高分子系凝固剤（粘度調整剤としてとくに比重の大きいものを配合しないクリーム状ないしペースト状のものを含む）が水よりも比重が小さい性質を有している場合、使用後の処理も容易である。

すなわち、使用済みの高分子系凝固剤だけあるいはこれとワークを高分子系凝固剤の凝固点よりも高い温度の水（不凍液などを配合しているものを含む）に装入すれば、高分子系凝固剤は水面上に分離浮上し、その浮上した高分子系凝固剤をこれの凝固範囲内の温度の水を満たした槽に注入すれば簡単に回収することができる。この方法によれば、ワークに付着した切粉などの洗浄と高分子系凝固剤の回収とを簡単、安価な手段で行うことができる。

#### 図面の簡単な説明

図1は本発明による凍結チャック式機械加工法及びワーク固定装置の第1例を示す説明図である。

図2は第1例における凍結用チャック装置の他の例を示す縦断側面図である。

図3は本発明による凍結チャック式機械加工法及びワーク固定装置の第2例を示す説明図である。

図4-Aは第2例の別の態様を示す縦断側面図である。

図4-Bは図4の装置の平面図である。

図5-Aは高分子系凝固剤として液状のものを使用した場合におけるワークの装着段階を示す断面図である。

図5-Bはワーク機械加工中の状態を示す断面図である。

図5-Cはワーク機械加工終了時の状態と高分子系凝固剤の回収状態を示す説明図である。

図6-Aは高分子系凝固剤によるワークの固定態様の別の例を示す断面図である。

図6-Bは高分子系凝固剤によるワークの固定態様の別の例を示す断面図である。

図6-Cは高分子系凝固剤によるワークの固定態様の別の例を示す断面図である。

図6-Dは高分子系凝固剤によるワークの固定態様の別の例を示す断面図である。

図7-Aは抜き代材を使用した場合の高分子系凝固剤によるワークの固定態様の別の例を示す断面図である。

図7-Bは抜き代材を使用した場合の高分子系凝固剤によるワークの固定態様の別の例を示す断面図である。

図7-Cは抜き代材を使用した場合の高分子系凝固剤によるワークの固定態様の別の例を示す断面図である。

図8-Aは本発明法を第2の手法による逐次加工に適用した場合の先行ワークの加工初期段階を示す説明図である。

図8-Bは先行ワークの加工中期段階を示す説明図である。

図8-Cは後行ワーク交換段階を示す説明図である。

図8-Dは高分子系凝固剤の回収とワーク洗浄法の一

例を示す説明図である。

図9は本発明法を第1の手法による逐次加工に適用した例を先行ワークの加工段階の状態を示す説明図である。

図10-Aは本発明の実施例におけるワークの形状と寸法を示す斜視図である。

図10-Bは本発明の実施例におけるワークの形状と寸法を示す斜視図である。

図11-Aは本発明の実施例におけるワークの加工前の形状を示す斜視図である。

図11-Bは図11-Aのワークの寸法を示す正面図である。

図11-Cは図11-Aのワークの寸法を示す正面図である。

図11-Dは図11-Aのワークの加工完了状態を示す斜視図である。

図11-Eは図11-Dのワークの正面図である。

図12-Aは図11-Aのワークの加工状態を示す縦断側面図である。

図12-Bは図11-Aのワークの加工状態を示す正面図である。

図13-Aは本発明の実施例におけるワーク加工状態を示す縦断側面図である。

図13-Bは図13-Aのワークの加工された状態を拡大して示す部分的断面図である。

図13-Cは図13-BのX-X線に沿う断面図である。

#### 発明の詳細な説明

図1は本発明による凍結チャック式機械加工法とワーク固定装置の第1例を示している。この例では、ワークを固定用面に直接固定して機械加工を行っており、1は加工機械のワークテーブル、2は砥石、バイト、リーマ、ドリル、タップなど所望の工具、3は加工液供給手段、5はワークである。

4は凍結式チャック装置であり、ワークテーブル1に据付け固定される基台4aと、これの上部に固定された支台4bと、該支台4bに固定され上面に固定用面4cを有する固定用面板4cと、固定用面板4cの下面側に配され、固定用面板4cを降温および昇温する手段4dとを有している。

6はワーク5の下面と固定用面4cの間に介在されたシリコンオイル又はこれを主成分とする高分子系凝固剤である。

基台4aは強度の高い材料たとえばステンレスなどにより作られ、支台4bは熱絶縁性、電気絶縁性の良好な材料たとえばプラスチックで作られている。固定用面板4cでは熱伝導性の良好な材料例えば銅、アルミニウム、窒化アルミニウムなどによって作られている。

固定用面板4cを温度制御する手段4dは任意である。この例では複数の熱電素子41が用いられており、それら熱電素子41は固定用面板4cに密着して取り付けられている。熱電素子41はプラス電流を通電したときに上面側か

ら熱を吸収して下面から放出し、マイナス電流を通電したときに下面側から熱を吸収して上面側に放出する特性を有している。

各熱電素子41の給電線42は導出され、外部のコントローラ7に接続されている。コントローラ7は、DC電源回路と制御回路とを有しており、制御回路には加工内容に応じて準備温度と加工温度（冷却温度）および固定解除温度（昇温温度）を任意に設定し、それに対応する極性と電流値の電流を供給する手段が含まれている。

上記のように熱電素子41を用いているため加工時に熱電素子41の下面側から熱が発生し、これが基台4aを介してワーク据付け部1に伝熱される。そこで、熱電素子41の近傍には排熱冷却機構4eが設けられている。この排熱冷却機構4eは冷却水を循環使用したもので、図1ではコアとして構成され、その排熱冷却機構4eの供給管43と戻り管44は外部の冷却水供給装置8に接続されている。

加工液供給手段3は、加工液を加工部に供給するノズル30と、これに加工液を供給する加工液供給装置31とを有しており、さらに好ましくは、加工液供給装置31の系に調整バルブ320を介して冷却加圧空気供給装置32が接続される。

9は高分子系凝固剤6の回収手段であり、固定用面板4cの周囲を囲む溝状ないし樋状の受け90と、この受け90とホース等の通路要素93で連結された第1水槽91と、第1水槽91の上部域と連絡する第2水槽92を有している。第1水槽91には高分子系凝固剤6の凝固点よりも高い温度の水（これは工業用水などのほか、不凍液や溶剤を配合している水を含む。以下同じ）910が満たされており、第2水槽92には高分子系凝固剤6の凝固点よりも温度の低い水920が満たされている。

図2は凍結式チャック装置4の別の例を示しており、冷却水を循環する形式の排熱冷却機構4cがコアでなく通路となつているほかは図1のものと同じである。

図3は本発明による凍結チャック式機械加工法及びワーク固定装置の第2例を示している。この例においても、ワーク5は固定用面40に直接固定され、機械加工されるようになっている。

この第2例においては、凍結式チャック装置4の固定用面板4cを温度制御する媒体として電気・熱変換要素でなく流体が用いられている。これは水よりも凝固点の高い高分子系凝固剤6を凍結させることに基づくもので、装置を簡単かつ安価にすることができる利点がある。

したがって凍結式チャック装置4の固定用面板4cの温度制御手段4dは、内部に流体の通路450を有し上部が固定用面板4cの下面に密接するコア45で構成されている。もちろんコアでなくクネクネとした通路であつてもよい。

前記コア45に接続した導入管456と排出管457は基台4aまたは支台4bから外部に突出し、継手を介して供給管450と戻り管451にそれぞれ接続されており、それら供給管

450と戻り管451は高分子系凝固剤凍結用の循環式冷却装置10に接続されている。

循環式冷却装置10は冷凍コイルを有するタンク100と吐出ポンプ101を有しており、供給管450と戻り管451には電磁式などの開閉弁452,453が介在されており、これよりも上流の部位の供給管450と戻り管451はリリーフ弁454を介して接続されている。

また、供給管450と戻り管451は、前記開閉弁452,453よりも下流の部位でそれぞれ分岐され、その分岐供給管450'と分岐戻り管451'は高分子系凝固剤凍結解除用の循環式温水供給装置11に接続されている。

この循環式温水供給装置11はヒータを有する温水タンク110と、温水吐出ポンプ111を有しており、その分岐供給管450'と分岐戻り管451'には電磁式などの開閉弁452',453'が設けられ、これよりも上流の部位がリリーフ弁454'を介して接続されている。

なお、この例では開閉弁452と453,452'と453'がそれぞれ別個になっているが、もちろん3位置切換え弁などによって構成される。

その他の構成は第1例と同じであるから、同じ部分に同じ符号を付し、説明は省略する。

図3の例では温度制御手段4dの一要素として循環式温水供給装置11を使用しているが、この装置は必ずしも必要としない。すなわち、図4-Aと図4-Bは第2例を簡便にし、凍結式チャック装置4そのものを移動性に富む治具として使用できるようにしたものである。

導入管456と排出管457は基台4aまたは支台4bから外部に突出し、先端に迅速流体継手（クイック コネクティング カップリング）に対するプラグを有している。循環式冷却装置10の供給管450と戻り管451はそれぞれ先端に迅速流体継手458,459を有し、前記導入管456と排出管457に瞬時着脱されるようになっている。その他の構成は第2例と同様であるから、同じ部分に同じ符号を付し、説明は省略する。

本発明において、高分子系凝固剤6は、水の凝固点よりも凝固点ができるだけ高く、常温またはそれ以上の温度で凝固することが必須の物性である。これに加えて、水と親和性が乏しく（撥水性を示す）、水よりも比重が軽い物性を有していることが好ましい。

かかる高分子系凝固剤6として、本発明は、シリコーン樹脂、たとえば低分子シリコーンオイルないし環状シリコーンオイルで代表されるシリコーンオイルあるいはこれを主成分とするものを用いる。

このシリコーンオイルは、珪素と酸素が交互に並んだシロキサン結合を骨組とし、分子が連鎖状にならんでいゝるものであり、有機基としてメチル基やフェニル基を含むメチル系（メチルポリシロキサン、フェニルポリシロキサン）、メチルフェニル系（メチルフェニルポリシロキサン）などがある。

低分子シリコーンオイルないし環状シリコーンオイル

は常温に近い温度で凝固する性質を有しており、また熱安定性もよく、耐薬品性、耐酸化性、電気絶縁性の各特性も有する点でも有利である。

この高分子系凝固剤 6 は通常、液状ないしこれに近い性状となっている。この性状の場合には、加工に先立って、高分子系凝固剤 6 は固定用面 40 またはワーク 5 の下面に塗布されるか、あるいは固定用面 40 とワーク 5 の双方に塗布される。膜厚は任意であり、数ミクロンでも十分に固定効果があげられる。

図 5-A ないし図 5-C は高分子系凝固剤 6 として液状のものをを用い、ワーク 5 を固定用面 4c に固定して機械加工を行う方法を段階的に示している。

加工に際しては、固定用面 4c の固定用面 40 を高分子系凝固剤の凝固温度よりも高い温度に保っておく。この状態で図 5-A のように固定用面 40 に液状の高分子系凝固剤 6 を刷毛、ローラ、噴霧など任意の方法により塗布し、固定用面 40 に高分子系凝固剤膜を形成する。高分子系凝固剤 6 はもちろんワーク 5 の下面に塗布してもよい。

そして次に、ワーク 5 を高分子系凝固剤膜の上に置き、適宜位置決め、配向の調整などを行ったのち、温度制御手段 4d を作動して固定用面 40 の温度を高分子系凝固剤の凝固点よりも低い温度にする。

これは、第 1 例の場合には、コントローラ 7 から各熱電素子 41 にプラス電流を通電し、同時に排熱冷却機構 4e を作動することにより行われ、第 2 例の場合には開閉弁 452', 453' を閉じ、開閉弁 452, 453 を開いて循環式冷却装置 10 から供給管 450 を介してコア 45 に流体を送り、戻り管 451 から循環式冷却装置 10 に戻すことを反復することによって行われる。第 3 例では循環式冷却装置 10 の供給管 450 と戻り管 451 を迅速流体継手 458, 459 により導入管 456 と排出管 457 と接続することによって行われる。

これにより高分子系凝固剤 6 は液相から凝固により固相へと変化し、凍結高分子系凝固剤 6' の凝固分子によりワーク 5 は固定用面 40 と強固に接着する。

なお、「凝固点よりも低い温度」とは、高分子系凝固剤の凝固分子が緻密に結合し、固定用面 40 とワーク 5 との接着による固定力（保持力）が機械加工による負荷荷重に十分耐えられるまでになる温度を意味し、通常の場合、高分子系凝固剤 6 の凝固点よりも約 10℃ 以上低い温度である。

以上でワーク 5 の固定状態が得られるので、加工機械を作動し、図 5-B のように、工具 2 によりワーク 5 に所望の加工を加える。このときに、工具 2 とワーク 5 の接触部域に加工液供給手段 3 から加工液を供給する。

これは、高分子系凝固剤 6 の凝固点よりも低い任意温度に冷却した加工液をノズル 30 から噴射してもよいし、あるいは加工液に冷却加圧空気供給手段 32 から、たとえば温度が 0℃ 以下、圧力が 5~7kg/cm<sup>2</sup> の冷却加圧空気を添加混合し、ノズル 30 からミストとして噴霧してもよい。

い。

後者の方法は、水が霧化される際に気化熱を奪われるためより冷却効果が高く、例えば 2 ■/分以下といった少ない加工液量で慣用の機械的チャック法の場合に使用される約 10 ■/分以上の量の加工液による冷却効果に匹敵する効果を得ることができる。

0℃ を越える加工液を使用しても、凍結高分子系凝固剤 6' は撥水性を有するため、加工液により凍結高分子系凝固剤 6' は溶解せず、凝固状態が維持され、ワーク 5 はしっかりと固定状態に保たれる。したがって、加工液により加工熱が冷却され、加工屑や脱落砥粒が円滑に加工部位から除去され、ワーク 5 と工具 2 間の潤滑も良好になり、良好な加工面性状と精度を得ることができる。

また、上記のような冷却加圧空気混合加工液が加工中に凝固して氷となっても、凍結高分子系凝固剤 6' が撥水性を有するためワーク 5 の表面に氷が凍結したり、積層したりすることがなく、工具 2 および工具 2 のフランジまたはマンドレルは損傷することなくきれいな状態に保たれる。

このようにして目的とする加工が終了したならば、温度制御手段 4d を作動して固定用面 40 の温度を高分子系凝固剤の凝固点よりも高い温度に戻す。

これは、第 1 例の場合には、コントローラ 7 から各熱電素子 41 にマイナス電流を通電することにより行われ、第 2 例の場合には、開閉弁 452, 453 を閉じ、開閉弁 452', 453' を開いて循環式温水供給装置 11 から高分子系凝固剤の凝固点よりも高い温度の温水を分岐液体供給管 450' と液体供給管 450 を介してコア 45 に送り、戻り管 451 と分岐戻り管 451' から循環式温水供給装置 11 に戻すことを反復することによって行われる。第 3 例の場合には、循環式冷却装置 10 の作動を止め、迅速流体継手 458, 459 により導入管 456 と排出管 457 との接続を解き、凍結式チャック装置 4 の固定用面 4c を常温の雰囲気中にさらすことによって行われる。

いずれにしても上記操作により高分子系凝固剤 6 は固相から液相に戻るためワークに対する固定力が解除され、図 5-C の白抜き矢印のように加工済みのワーク 5' を固定用面 40 から取り外すことができる。

上記のようにして液相に戻った高分子系凝固剤 6 は、適宜スクレーパなどにより固定用面 40 をさらって、切粉や離脱砥粒などとともに流下させる。

実施例においては、固定用面 4c の周囲には受け 90 があるため、高分子系凝固剤 6 は第 1 水槽 91 に送りこまれる。この第 1 水槽 91 には高分子系凝固剤 6 の凝固点よりも高い温度の水 910 が満たされている。高分子系凝固剤 6 は水よりも比重が軽く、また水と親和性がないため、図 5-C のように水 910 と分離して水面上に浮上し、切粉や離脱砥粒 Z は第 1 水槽 91 の底に沈降するため、簡単に分離することができる。



そして、第1水槽91から高分子系凝固剤6を第2水槽92に移せば、第2水槽92では高分子系凝固剤6の凝固点よりも低い温度の水920が収容されているため、高分子系凝固剤6は水920の上で凝固する。したがって、網などにより救い取ることで簡単に回収することができ、再使用に供することができる。

しかし、本発明による高分子系凝固剤6は液状ないしこれに近い性状であることに限定されない。すなわち、クリーム状ないしペースト状であってもよい。この場合には凝固時に膜でなく大きなボリュームの支持ブロックとなり、ワーク5をしっかりと接着固定することができる。

こうしたクリーム状ないしペースト状の高分子系凝固剤は主剤（たとえばシリコンオイル）に固体粒子からなる粘度調整剤を添加し混練したものが好適である。その固体粒子は粉末ことに平面粒径が最大でも10 $\mu$ mのもの、より好適には平均粒径1 $\mu$ m以下さらに好適には平均粒径0.5 $\mu$ m以下といった微粉末が好適である。

固体粒子の材料は限定はないが、一般には、珪藻土で代表される土類の粉、米や小麦などの粉、でんぶん類、サンゴの粉、木灰、紙や繊維を燃焼した灰、ホワイトカーボン、ゼオライト、フライアッシュなどが好ましい例として挙げられる。そのほか次のものを粉末状にしたものも使用できる。セラミック、シリコン、フェライト、カーボン、グラファイト、ガラス、石、石膏、プラスチック、木綿、木、パルプ、紙、鉄、銅、アルミニウムなどの金属やその酸化物など。

たとえば、珪藻土や米や小麦などの粉、でんぶん類は微粒子でかつ比重が軽いいため主成分（たとえばシリコンオイル）に均一に分散混合することができ分離が起こりにくいこと、しかも安価であることから推奨される。しかし他のものも混合してすぐに塗着するならば十分に使用可能である。前記固体粒子はいくつかの種類のものを混合して使用することもできる。また、機械加工後のワーク洗浄時にこれからの分離を促進するための液状物質、たとえば界面活性剤を固体粒子のほか微量添加してもよい。

固体粒子は粘度を増加するとともに、凝固時にモルタルやコンクリートの場合と同じように骨材として機能し、添加量にほぼ比例して高分子系凝固剤は凝固時の強度が増す。したがって、固体粒子は前記主成分としてのシリコンオイルに少なくとも5wt%程度添加することが好ましい。しかしあまり添加量が多いと凝固時の強度は高いものの凝固前の流動性が悪くなるため、塗着しにくくなる。そこで、上限は50wt%未満とすることが好ましい。一般的には、シリコンオイルと固体粒子（粉末）の比を(9:1)～(5.1:4.9)の範囲から選択すればよく、この固体粒子の配合比率により液に近いもの～クリーム状～ペースト状に変化する。

こうしたクリーム状ないしペースト状の高分子系凝固

剤は単独で、また前記した液状の高分子系凝固剤と併用して使用する。図6-Aないし図6-Dはその例を示している。わかりやすくするため、これら図では液状の高分子系凝固剤を符号60で表し、クリーム状ないしペースト状の高分子系凝固剤を符号600で表している。

図6-Aはワーク5の下面と固定用面40間に液状の高分子系凝固剤60を膜状に介在させ、ワーク5の側面51とこれから所定の距離離れた固定用面40との間をつなぐようにクリーム状ないしペースト状の高分子系凝固剤600を塗着しており、クリーム状ないしペースト状の高分子系凝固剤600は断面が三角状に類する形状となっている。この態様はワークを研削したり、研磨したりする加工に適している。

図6-Bはクリーム状ないしペースト状の高分子系凝固剤600をワーク5の側面51とこれから所定の距離離れた固定用面40との間をつなぐだけでなく、ワーク5の上面52を覆うように塗着している。この態様はワークを薄くスライス切断加工したりするのに適している。すなわち、スライス切断加工したときに薄いワーク片は単に下端面の面積分が固定用面40に接着されるだけでなく、両端面と上面とがブリッジ状につながった凝固高分子系凝固剤によって保持されることになるからである。

図6-Cではクリーム状ないしペースト状の高分子系凝固剤600をワーク5の下面と固定用面40間に塗着し、さらにワーク5の側面51とこれから所定の距離離れた固定用面40との間をつなぐように塗着している。この態様は切断加工や穴開け加工など貫通系の加工を行なう場合にも、ワーク5の下面と固定用面40間の高分子系凝固剤600が抜き代として機能するため、後述する抜き代材を省略できる利点がある。

図6-Dではクリーム状ないしペースト状の高分子系凝固剤600をワーク5の下面と固定用面40間と、ワーク5の側面51と固定用面40との間に塗着し、さらにワーク5の上面52を覆うように塗着することでワーク5全体を包んでいる。この態様は図6-Dの効果と図6-Bの効果とが得られる利点がある。

クリーム状ないしペースト状の高分子系凝固剤600はまた、後述するE型フェライトに対する加工で代表されるようなワーク5の一部を加工する場合に、その加工部位の回りの空隙を埋めて加工力による破損を防止するのにも役立つ。

クリーン状ないしペースト状の高分子系凝固剤600は刷毛塗り、へら塗り、押し出しガンによる押し出しなど任意である。

前に述べたように本発明におけるワーク5は抜き代材を層着しているものを含んでいる。図7-Aないし図7-Cはこの詳細を示している。抜き代材は符号5bとして示しており、工具2による加工の障害とならない硬度のもの、一般にカーボンやグラファイトの板が用いられる。こうした抜き代材5bは高分子系凝固剤を介して固定

用面40に支持され、その抜き代材5bの上に高分子系凝固剤を介して本来の加工対象物としてのワーク（ここでは符号5aとして示した）が支持される。抜き代材5bはワーク5aと同等以上の面積を有している。

図7-Aは液体の高分子系凝固剤60を用いた例を示している。図7-Bは液体の高分子系凝固剤60を抜き代材5bと固定用面40の間に介在させ、ワーク5aを液体の高分子系凝固剤60の塗膜を介して抜き代材5bに配し、さらにワーク5aの周囲51と抜き代材5bまたは固定用面40をクリーム状ないしペースト状の高分子系凝固剤600で結んでいる。図7-Cはさらにワーク50の上面52をクリーム状ないしペースト状の高分子系凝固剤600で覆い、それをワーク周囲51のクリーム状ないしペースト状の高分子系凝固剤600と連結している。

図8-Aないし図8-Dは本発明の別の態様すなわちワーク5を逐次ひとつの加工機械に付替えて加工するのに好適な例を示している。

この方法はワーク5を、直接、凍結式チャック装置4の固定用面に固定するのではなく、別に治具としてパレット14aを使用してこれに高分子系凝固剤6によりワーク5を固定し、そのパレット14aを固定用面40に定着させる方式であり、ワーク5の固定と固定解除をより能率的に行えて利点がある。

詳しく説明すると、複数枚のパレット14a, 14aを用い、かつ前記第1例ないし第3例のいずれかの凍結式チャック装置4を使用するとともに、これとは別に加工機械外部にブリクローラ13を設置する。

パレット14a, 14aは熱伝導性の良好な材料たとえばアルミニウムないしその合金などにより板状あるいは周縁部に囲壁を持つ皿状ないしパン状に作られており、ワーク5を複数個配置できる面積を持っている。

ブリクローラ13は熱絶縁性材料からなる基台130に冷却板131を取付け、冷却板131の下側に水などの冷却用の流体の通路を有するコア132を密接させた構造を有し、流体の供給管133と戻り管134を第1例の冷却水供給装置8あるいは第3例の循環式冷却装置10と同じような構造の循環式冷却装置13aに接続している。

この態様による加工法を初期段階から説明すると、凍結式チャック装置4において、パレット固定用媒体として水を使用する場合には、温度制御手段4dにより固定用面40の温度を水の凝固温度よりも少し高い温度にしておく。一方、ブリクローラ13においては、循環式冷却装置13aを作動して冷却用流体を供給管133と戻り管134を介してコア132に循環させ、冷却板131を高分子系凝固剤の凝固点よりも低い温度たとえば1～5℃に保つ。

この状態で図8-Aの右の図のように、高分子系凝固剤の凝固点よりも高い温度を持つパレット14aの上面に高分子系凝固剤6を塗布し、あるいは単数または複数のワーク5に高分子系凝固剤6を塗布し、ワーク5をパレット14aの上面に載せる。

このようにセットされたパレット14aを前記ブリクローラ13の冷却板131に載置する。これにより、パレット14aを介して高分子系凝固剤6がこれの凝固温度より低い温度に冷却されるため、凍結高分子系凝固剤6'による接着力でワーク5はパレット14a上に強固に固定される。

このようにしてワーク5を凍結高分子系凝固剤6'で固定したパレット14aを前記凍結式チャック装置4の固定用面板4c上に載置する。この時まで固定用面板4cの固定用面40には水を噴霧等により塗布しておく。そしてコントローラ7により温度制御手段4dを作動し、固定用面40温度を水の凝固点以下の所要温度たとえば-3℃程度にし、これを保つ。これによりワーク5を凍結高分子系凝固剤6'で固定したパレット14aは凍結した水により固定用面板4c上に固定される。

これで加工体制が整うので、前記のように加工液供給手段3により加工液を工具2とワーク5の加工局部に供給しつつ、工具2で所望の加工を行えばよい。

この場合、加工液の温度は-3℃以下が好ましいが、本発明では加工液の使用量が少なくて済み、しかも、凍結高分子系凝固剤6'そのものも断熱性が高いためパレット14aの温度上昇を抑制できる。このことから、加工液の温度が0℃以上であっても、加工液がワーク5とパレット14aを温める熱量に比べて凍結式チャック装置4が固定用面40から吸収する熱量ははるかに大であるため、パレット14aが固定用面板4c上から離脱することはない。また、ワーク5がセラミックスやプラスチックの場合にはそれ自体も断熱性があるため、ますますパレット14aの離脱が防止される。

この間、別のパレット14aには前記のように高分子系凝固剤6が塗布され、次のサイクルに加工すべきワーク5が載せられる。これが図8-Aの状態である。

そして、パレット14aは高分子系凝固剤6の凝固点よりも低い温度に保たれているブリクローラ13の冷却板131に載置され、これによりワーク5はパレット14aに固定され、この状態で待機される。これが図8-Bの状態である。

このようにして凍結式チャック装置4での加工が終了したときには、コントローラ7により温度制御手段4dを昇温側に作動し、前記した準備温度（1℃）ないしこれより1℃程度高い温度に復帰させる。これにより加工済みのワーク5を保持しているパレット14aは凍結式チャック装置4から離脱できる。この状態が図8-Cである。

そこで、固定用面40に水を噴霧し、ブリクローラ13の冷却板131に載置されている次のロットのパレット14aを固定用面40に載置し、コントローラ7により温度制御手段4dを再び凍結用温度に下降させれば、直ちに次の加工に移ることができ、また次のロットのワークを高分子系凝固剤を介してパレットに載せ、ブリクローラ13に載置

することでワークを固定状態としておくことができる。

この方法においては、ワーク 5 が凝固点の高い高分子系凝固剤 6 によりパレット 14a に固定されることから、ブリクレー 13 は低能力のものでよく、したがって、装置コストを大幅に安くすることができ、また、水を凍結するのでないためパレットの下面に不凍液を塗布するといった作業も全く必要とせず、作業も容易である。

さらに、凍結式チャック装置 4 では水を凍結媒体として使用していても制御温度勾配を 5℃程度以内の狭い範囲にすることができるため、凍結式チャック装置 4 に対するワークの着脱時間を 10～15 秒といったきわめて短時間のものにすることができる。

さらに、ワーク 5 は凍結式チャック装置 4 から取り外された状態でも凝固点の高い凍結高分子系凝固剤 6' によりパレット 14a に固定された状態を保つから、振動などによってパレットから落下したりせず、搬送などの取扱いが容易である。

そして、あとはワーク 5 の洗浄を行なえばよく、この時に水の比重よりも軽く、水と親和性がなくかつ凝固点が水のそれよりも高いという性質を利用して同時に高分子系凝固剤 6 の回収も行うことができる。

すなわち、その洗浄・回収手段 9' としては、たとえば図 8-D のように、内部に水（溶剤含有しているものを含む）910 を収容し、ヒータ等の加熱手段 912 により前記水を高分子系凝固剤の凝固点よりも高い温度に保持するようにした第 1 水槽 91 と、内部に水 920 を収容し、これを冷却機構 922 により常時高分子系凝固剤の凝固点よりも低い温度に保つようにした第 2 水槽 92 を備え、第 1 水槽 91 の水面より上位に取出し部 914 を設けたものが挙げられる。

この手段を用いた場合には、凍結式チャック装置 4 から取り外したパレット 14a を第 1 水槽 91 に挿入する。こうすれば、水 910 が高分子系凝固剤の凝固点よりも高い温度であるため、ワーク 5 の固定が瞬時に解除され、ワーク 5 は水 910 によって洗浄され、切粉や脱着砥粒などは比重が大きいので槽底に沈降し、排出部 915 から取り出される。そして洗浄後しばらく放置すると、水 910 と高分子系凝固剤 6 は分離し、高分子系凝固剤 6 は水面上に厚膜となって浮上する。

この時に取出し部 914 の弁を開放すれば、高分子系凝固剤 6 は溶解して流動性があるため第 2 水槽 92 に流入するが、この第 2 水槽 92 の水 920 は高分子系凝固剤の凝固点よりも低い温度となっているため、高分子系凝固剤 6 は水 920 の上で瞬時に凍結する。そこで、あとはこの凍結した高分子系凝固剤 6' を網や柄杓などの適宜の取出し手段 93 により梳り取り、再使用のための容器類に収容すればよい。

洗浄・回収手段は内部にコンベアなどの搬送手段を有してもよいことはもちろんである。

なお、上記説明では高分子系凝固剤 6 として液体状の

ものを用いているが、これはあくまでも例であり、図 6-A～図 6-D および図 7-A～図 7-C に示したような液状のものとクリーム状ないしペースト状のものとの併用あるいはクリーム状ないしペースト状のもののみでの使用ももちろん含まれる。これらの場合、図 6-A～図 6-D および図 7-A～図 7-C の固定用面 40 はパレット 14a と読み替えられる。

凍結式チャック装置 4 のパレット固定用媒体としては水でなく高分子系凝固剤 6 を使用してもよい。この場合には凍結式チャック装置 4 の固定用面板 4c に高分子系凝固剤 6 が塗布され、パレット 14a はその上に配され、温度制御手段 4d により高分子系凝固剤 6 の凝固温度よりも低い温度に冷却され、それによる高分子系凝固剤 6 の凝固によりパレット 14a は固定される。

なお、パレットを使用する態様の場合、凍結式チャック装置 4 の固定用面板 4c にさらに真空チャック機構を有していてもよい。これによれば、より確実にパレット 14 を固定用面板 4c に固定し、また瞬時に固定解除することができる。

図 9 は本発明においてワークを逐次加工するのに好適な他の態様を示している。この態様は、パレットを使用せず、凍結式チャック装置 4 そのものを付替式の治具として使用したもので、ワーク 5 の固定と固定解除をより能率的にしかも安価に行なえる利点がある。

この場合には、凍結式チャック装置 4 として図 4-A、図 4-B に示すような流体循環式のものを少なくとも 2 台以上使用し、加工装置 A の近傍と加工装置外方には、図 4-A、図 4-B に示すような構造を備えた第 1 の循環式冷却装置 10a と第 2 の循環式冷却装置 10b をそれぞれ配置する。

この方法の場合には、第 1 の凍結式チャック装置 4 を機外に配し、固定用面 40 に単数または複数のワーク 5 を高分子系凝固剤 6 を介して配置する。

この状態で第 1 の凍結式チャック装置 4 の導入管 456 と排出管 567 は機外の第 2 の循環式冷却装置 10b の供給管 450、戻り管 451 と迅速流体継手 458、459 と瞬時接続される。そして第 2 の循環式冷却装置 10b を作動して冷却用の流体を凍結式チャック装置 4 の通路に循環させることにより高分子系凝固剤 6 を凝固点以下の温度たとえば 2～5℃の範囲内の温度に冷却する。これでワーク 5 は凝固し、第 1 の凍結式チャック装置 4 の固定用面 40 にしっかりと接着される。

次に、第 1 の凍結式チャック装置 4 の第 2 の循環式冷却装置 10b に対する接続を切離し、加工機械 A のワークテーブル 1 上に移し、公知の機械的チャック機構により固定する。それとともに導入管 456 と排出管 567 を第 1 の循環式冷却装置 10a の供給管 450、戻り管 451 と迅速流体継手 458、459 と瞬時接続させる。この作業は簡単に短時間に行なえるため、ワーク 5 は固定が解除されない。

この状態で加工装置 A に備わっている図示しない工具

によりワークに対する所望の加工を行なう。そしてこの加工の間に、次に加工すべきワーク5は、機外に準備されている第2の凍結式チャック装置4の固定用面40に高分子系凝固剤6を介して配置される。そしてその第2の凍結式チャック装置4は機外の第2の循環式冷却装置10bの供給管450、戻り管451と迅速流体継手458,459と瞬時接続され、これによる高分子系凝固剤6の凝固でワークは固定用面40にしっかりと接着され、この状態で待機される。図9はこの状態を示している。

そうして加工機械Aでのワークに対する加工が終了したならば、ワークテーブル上の第1の凍結式チャック装置4と第1の循環式冷却装置10aとの接続を解除し、第1の凍結式チャック装置4を取出し、洗浄工程を行なう場所に移送する一方、機外にある第2の凍結式チャック装置4と第2の循環式冷却装置10bとの接続を解き、第2の凍結式チャック装置4をワークテーブル1に配置して公知の機械的チャック機構により固定するとともに、第2の凍結式チャック装置4を迅速流体継手458,459で第1の循環式冷却装置10aと接続する。これで直ちに次のワークに対する加工に移ることができる。

以下、上記操作を繰り返すことにより多数のワークを凍結式固定方法の利点を生かしつつ能率よく逐次加工することができる。この図9のワークの固定用面40に対する配置は、図5-A、図6-A～図6-Dおよび図7-A～図7-Cに示される態様から適宜選択して行なえばよい。

#### 実施例

次に本発明の実施例を示す。

##### 実施例1

高分子系凝固剤として、主成分が環状ポリジメチルシロキサンの低分子シリコンオイルを使用した。

この高分子系凝固剤の特性は、無色透明の液体で、粘度(25℃)が2.4cSt (m<sup>2</sup>/S)、凝固点17℃、屈折率(25℃)が1.394、表面張力19.0 {1.90} dyn/cm {MN/cm}、比重0.95 (25℃)である。

そしてこの高分子系凝固剤のチャック力は、固定用面上とワークの温度が5℃、チャック材質：銅、ワーク材質：超硬合金の条件において、垂直方向11～15kg/cm<sup>2</sup>、せん断方向8～12kg/cm<sup>2</sup>であった。したがって、この高分子系凝固剤によるワーク固定温度は、5℃ないしそれより適度に低い温度範囲に設定すればよいことがわかる。

1) 上記高分子系凝固剤を使用し、凍結式チャック装置として図1に示すものを使用してマイクロ波誘電体セラミックス素子のスライス加工を行った。

2) 凍結式チャック装置の固定用面板は銅製で、300×150mmである。

3) ワークは、材質:PZTチタン酸バリウム、寸法は図10-Aの表示に従うと50 (w) × 50 (L) × 2 (t) mmであり、これを5 (w) × 5 (L) × 2 (t) mmにした。

加工機械としてはスライシングマシンを使用し、加工条件は、工具：レジノイドボンダダイヤモンド砥石(粒度#600)、工具寸法：外径100mm、厚み0.4mm、工具送り速度:500mm/min、工具回転数:5000rpm、加工方向：ダウンカットとした。

4) 加工に先立って、固定用面板の固定用面の温度を20℃程度に保ち、この状態で固定用面に前記高分子系凝固剤を約2μmの厚さに塗布し、その上に上記ワークを置き、凍結式チャック装置にプラス電流を通电してチャック用面を1℃に下降し、この状態を保った。これにより高分子系凝固剤は凝固し、ワークは不動に固定された。

5) 加工に際しては加工液供給手段として1mm径のニードルノズルを用い、これから約3℃に冷却した研削液を約150cc/minでワークと工具の接触する加工部位に工具進行方向の前方から直接噴射した。

6) この結果、高分子系凝固剤は溶解せず、ワークは安定した固定状態に保たれ、スライスされた切断面にはクラックやチッピングが全く発生せず、きれいなせん断面が得られた。

加工後、固定用面の温度を20℃に上昇させてワークを取出し、チャック用面上から高分子系凝固剤と切粉や脱落砥粒を流下させ、水温を20℃に保った第1水槽に装入了。これにより高分子系凝固剤は分離浮上し、水温を10℃に保った隣接する第2水槽に注入したところ高分子系凝固剤は凝固し、ほとんど全量が回収された。

7) 比較のため、従来法によって上記加工を行った。この場合は、固定用面に水を噴霧し、その上に上記ワークを置き、凍結式チャック装置にプラス電流を通电して固定用面を-10℃にし、これを加工中保持した。これにより水は凍結しワークは固定された。

加工開始にあたって、上記条件で研削液を噴射させたところ、水が溶解して被加工物の固定が解除されてしまい、加工はできなかった。そこで、約5%の水分を含むエアミストを圧力5kg/cm<sup>2</sup>で工具(砥石)による切断加工部と180度変位した部位に噴射し、切断加工部に約-10℃に冷却した空気を直接噴射した。これによれば水は溶解しなかったが、スライスされたワークの切断面の下側に研削熱によるクラックが発生し、指の爪で引掻くと剥落してしまい、不良品となってしまった。

##### 実施例2

1) 本発明によりアルミニウムとプラスチック材との複合材を切断加工した。

材質はアルミニウムA2011とエポキシ樹脂との複合材、寸法は、図10-Bの表示に従うと、上下のアルミニウムが300 (W) × 200 (L) × 2 (t) mm、中間のプラスチックが300 (W) × 200 (L) × 0.1 (t) mm、加工後の寸法は300 (W) × 6 (L) × 4.1 (t) mmである。

加工機械は精密スライシングマシン、使用工具は直径100mm円盤に、長さ10mm、厚み1mmのダイヤモンドツール3本を取り付けたもの、工具回転速度は6000rpm、工具

送り速度は120mm/min、加工方向ダウンカットとした。

高分子系凝固剤は実施例1と同じものを使用し、凍結式チャック装置は図3に示す流体による冷却/昇温タイプのものを使用した。

3) 加工に当って、循環式温水供給装置から凍結式チャック装置のコアに20℃の温水を供給し、この状態で固定用面に高分子系凝固剤を約2μmの厚さに塗布し、その上に上記ワークを置き、液体回路を切換え、循環式冷却装置からコアに冷水を供給して、固定用面を2℃に下降し、この状態を保った。これにより高分子系凝固剤は凝固し、ワークは不動に固定された。

4) 加工液としては約-5℃に冷却した水溶性加工液液(不凍液含有)を150cc/minで圧送しつつこれにエアクーラーで約-10℃に冷却された280■/minの冷却エアと混合したものを用い、これを4mm径のニードルノズルを用いて約5kg/cm<sup>2</sup>の圧力で工具進行方向の前方から加工ポイントに直接噴射した。

5) この結果、高分子系凝固剤は溶解せず、ワークは安定した固定状態に保たれ、またワークの中間に挟まれているプラスチック材は全く溶け出さず、切断されたワークの切断面は表面粗さが0.2s以下の鏡面であった。また、加工中に加工液がワークの上に凍結積層することもなく、工具の動きは円滑で、切断品の寸法精度は良好であった。

6) 比較のため、実施例1と同じ条件で水を凍結してワークを固定し、上記加工条件と加工液条件で切断を行ったところ、加工中にワークがチャックから外れてしまい、加工不可能となった。これは加工液が0℃以下の低温であっても、水と親和性の高い不凍液を混合しているため、ワークを固定用面に接着している水が加工液によって溶かされてしまったからである。

また、加工可能時期においても、加工液と空気中の水分が凍結してワークに積層し、これが工具のフランジに接触し、それにより工具の回転運動が不安定となり、切断精度が低下した。

#### 実施例3

1) 本発明により薄肉中足付きE型フェライトコアのギャップ研削加工を行った。

該ワークは、図11-Aに示すような形状で、寸法は、図11-Bの表示に従うと、高さhが8mm、全幅Wが15mm、左右の足の幅W<sub>1</sub>が2mm、厚さt<sub>1</sub>が3mm、中足の幅W<sub>2</sub>が7mm、厚さt<sub>2</sub>が0.6mmである。このワークに中足を高さh:湯mmから0.4mm削り、ギャップgを形成する加工を行い図11-Dと図11-Eに示す形状の製品とするのである。

2) 加工機械はクリープ機能付きの平面研削盤を使用し、工具としてはレジノイドボンドダイヤモンド研削砥石(粒度#400)、200mmφを使用し、加工条件は、砥石回転速度:2700rpm、砥石送り速度:600mm/min、加工モード:クリープ加工、ダウンカットとした。

2) 高分子系凝固剤は実施例1と同じものを使用し、凍

結式チャック装置は図3に示す流体による冷却/昇温タイプのものを使用した。

3) 加工に当っては、固定用面板の固定用面の温度を20℃程度に保ち、この状態で固定用面に高分子系凝固剤を約3μmの厚さに塗布し、その上に上記ワークを図12-Aのように相互に密接させて20枚並べ、かつ、両側の足と中足の空隙にも高分子系凝固剤を満たし、凍結式チャック装置を作動させてチャック用面を1℃に下降し、この状態を保った。これにより高分子系凝固剤は凝固してワークは不動に固定され、また両側の足と中足の空隙が凝固した高分子系凝固剤で埋められ、中足が補強された。

4) 加工に際しては、加工液供給手段として1mm径のニードルノズルを2本用い、これらから約3℃に冷却した研削液を約150cc/minで砥石進行方向前方から研削ポイントに直接噴射した。

5) この結果、高分子系凝固剤は溶解せず、ワークは安定した固定状態に保たれ、かつ中足と両側足のギャップを埋めている高分子系凝固剤も凝固せず、これにより薄い中足はしっかりと補強された状態が保たれ、砥石による切込み時の加工抵抗にも十分耐え、全枚数が破損されることなく精度よくギャップ加工を行えた。

6) 比較のため、実施例1,2と同じように氷の凍結によりワークを固定用面に固定し、両側の足と中足の空隙を氷で埋め、上記条件でギャップ加工を行ったが、この場合には、加工中に加工液によって氷が溶け、中足が折れてしまい、さらにワークそのものの固定が解除されてしまい、加工不能となった。

#### 実施例4

1) 本発明のパレットを使用する態様を用いて切断加工を行った。

高分子系凝固剤としては実施例1に記載したものを使用した。パレットとしては、材質:アルミニウム合金、寸法120(W)×130(L)×10(t)mmのものを2枚を使用した。

凍結式チャック装置としては、図1に示すものを使用した。プリクーラーとしては、冷却板寸法100(W)×110(L)×50(t)mmを有する冷却水循環式のものを使用した。ワークは材質:PZTチタン酸バリウム、寸法50(W)×50(L)×1(t)mmを使用した。

2) 加工に当っては、凍結式チャック装置のチャック面の準備温度を1℃に設定してスタンバイさせ、プリクーラーの冷却板上面温度を2~3℃に保ってスタンバイさせた。

常温に保たれたパレットに高分子系凝固剤を約2μm厚に塗布し、ワークを載せた。この状態で当該パレットをプリクーラーに載せた。これにより高分子系凝固剤は凝固し、各ワークは強固に固定された状態になった。

このパレットを前記準備温度の固定用面上に水を介して載せ、凍結式チャック装置を作動して固定用面を-3

℃に下降させ、この温度を維持させた。これによりパレットは固定用面上に固定された。

加工液としては約-5℃に冷却した水溶性加工液液（不凍液含有）を150cc/min圧送しつつこれにエアーで約-10℃に冷却された280 $\frac{\text{mm}}{\text{min}}$ の冷却エアと混合したものを用い、これを4mm径のニードルノズルを用いて約5kg/cm<sup>2</sup>の圧力で工具前方から加工ポイントに直接噴射した。

加工中、ワークはパレットに強固に固定された状態を保ち、またパレットもチャック面上にしっかりと固定された状態を保ち、したがって、切断面はチップリングはなくきれいな切断面が得られた。

3) 一方、前記加工中、次のロットのワークを前記条件によりパレットに配し、前記温度のブリクレーに載せて高分子系凝固剤の凝固により固定させておいた。

そして前記加工の完了と同時に凍結式チャック装置のチャック面の温度を2℃に上昇させ、水を溶解してパレットの固定を解除した。

この後チャック面に水を噴霧し、再びブリクレーに載せておいたパレットを固定用面に載せ、固定用面を-3℃に下降させ、この温度を維持させた。これによりパレットは固定用面上に固定され、次の加工に移った。

4) この実施例は、次のロットのワークが高分子系凝固剤により0℃を越える温度でパレットに固定されており、しかも凍結式チャック装置におけるパレット固定と解除の温度差が5℃程度であるため、加工機械でのワークの着脱を10秒といったきわめて短時間に行うことができた。

5) そして、凍結式チャック装置からパレットを取り外しても、この時には温度が高分子系凝固剤の凝固温度以下であるため、ワークはパレットと一体になっており、ハンドリングが容易であった。後処理として、パレットに固定されたまま20℃の温水を収容した第1水槽に挿入し、これによりワークを洗浄するとともに高分子系凝固剤を分離浮上させ、これを10℃の水を収容した第2水槽に移した。これにより高分子系凝固剤は凍結され円滑に回収できた。

#### 実施例5

1) 本発明によりサマリウムコバルト材をマルチ切断砥石でスライス加工した。寸法は50 (L) × 25 (W) × 7 (t) mmであり、これを50 × 1.5 (W) × 7 (t) mmに切断した。加工機械はスライシングマシンを使用し、工具として電着ダイヤモンド砥石（粒度#280）の10枚マルチ砥石、工具寸法は外径100mm、厚み0.4mm、砥石ビット2mmを使用した。加工条件は、砥石回転数:3000rp

m、工具送り速度20mm/min、加工法工：ダウンカットとした。

2) 凍結式チャック装置としては固定用面が240×50mmの図1に示すものを使用した。

加工に当たっては、固定用面の温度を20℃程度に保ち、この状態で図13-Aのように、固定用面に前記実施例1の液状高分子系凝固剤を塗布して厚さ5mmのカーボンからなる抜き代材を配し、この抜き代材の上にペースト状の高分子系凝固剤を約0.1mm塗布し、その上にワークを置き、さらに前記ペースト状の高分子系凝固剤をワークの側面と上面に塗布した。

ペースト状の高分子系凝固剤としては、実施例1の低分子シリコンオイルに平均粒径が0.01 $\mu\text{m}$ の珪藻土を30wt%添加し、混練したもの（第1タイプ）と、実施例1の低分子シリコンオイルに小麦粉を35wt%添加して混練したもの（第2タイプ）を使用した。

3) この状態で凍結式チャック装置にプラス電流を通電して固定用面を1℃に降下させ、この状態を保った。これにより第1タイプと第2タイプの各高分子系凝固剤は凝固し、ワークは高分子系凝固剤で包まれた状態で不動に固定された。

加工に際しては、約3℃に冷却した研削液を約15 $\frac{\text{mm}}{\text{min}}$ の流量でワークと工具の接触する加工部位に直接噴射した。

4) この結果、スライス加工中にワークは1.5mmという薄い厚さで切断されたにもかかわらず、固定用面から一切剥がれて飛散することがなく、安定した固定状態に保たれた。

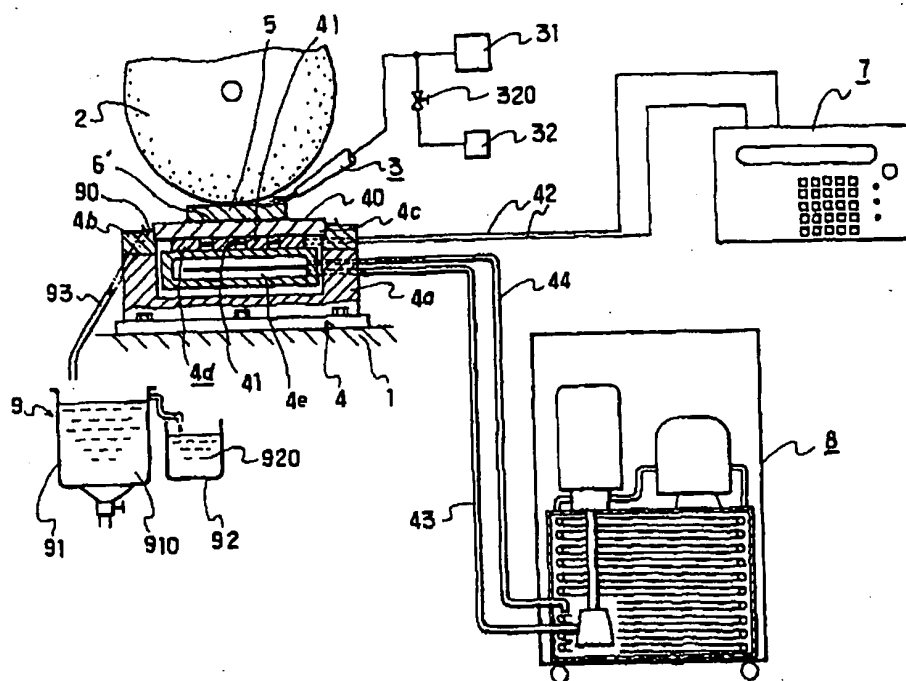
比較のため、第1実施例の液体高分子系凝固剤だけを使用してワークを固定して加工を行なったところ、ワーク数の約5%が加工中に固定用面から剥がれて飛散してしまった。

このように本実施例で好結果が得られたのは、微粉末を配合したペースト状の高分子系凝固剤のため、凝固高分子系凝固剤からなる接着層の強度が高くなったこと、その凝固高分子系凝固剤からなるポリウレタンの大きな接着層が図13-Bと図13-Cのようにスライス加工中ないし加工されたワークの長手方向両端部を支えつつ固定用面に設着され、しかも長手方向両端部の接着層がワークの上面の凝固高分子系凝固材上層と連結してブリッジを形成していることによると考えられる。

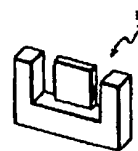
#### 産業上の利用可能性

本発明の凍結チャック式機械加工法は、形状、材質を問わずあらゆるワークの機械加工を行なう場合に適用することができる。

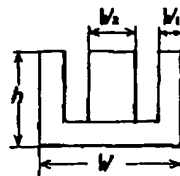
【第1図】



【第11-A図】



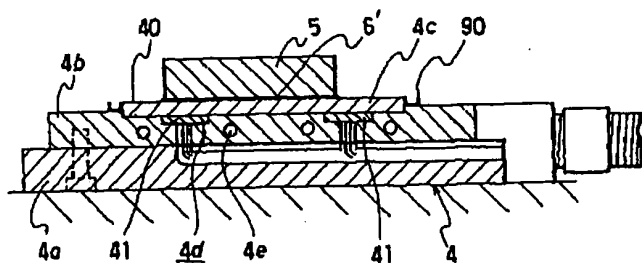
【第11-B図】



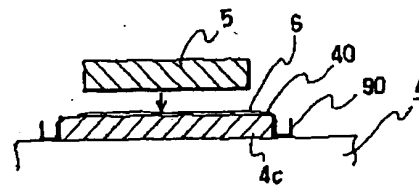
【第11-C図】



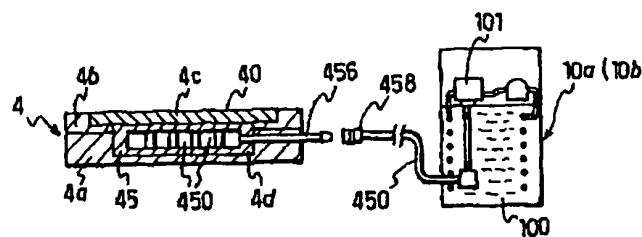
【第2図】



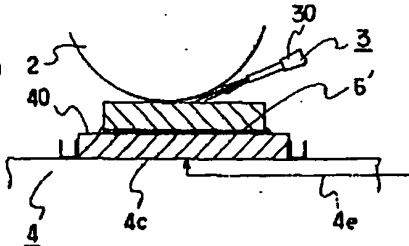
【第5-A図】



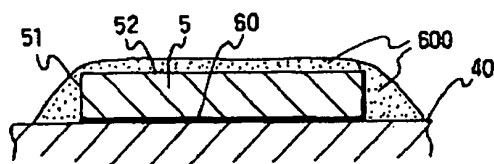
【第4-A図】



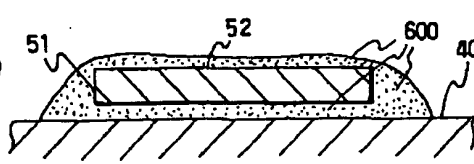
【第5-B図】



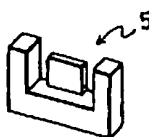
【第6-B図】



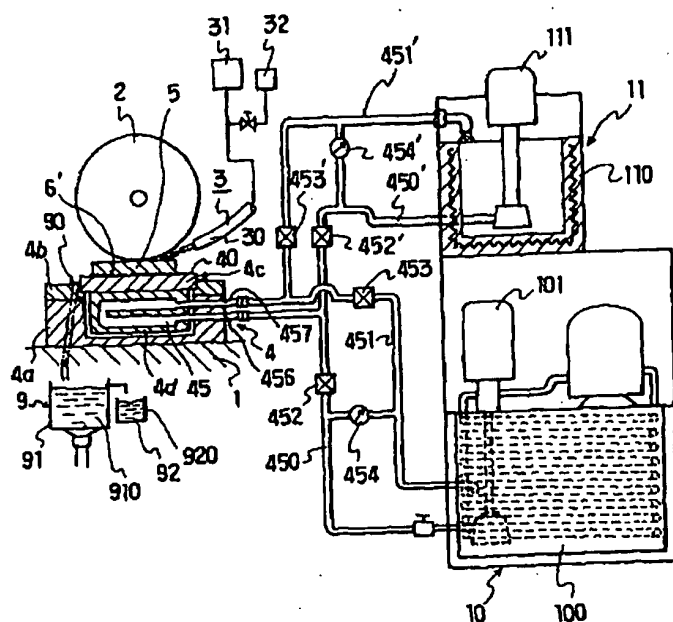
【第6-D図】



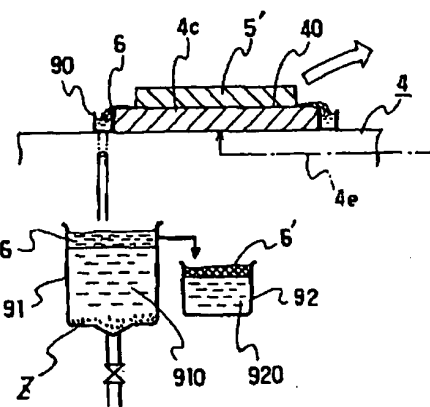
【第11-D図】



【第3図】



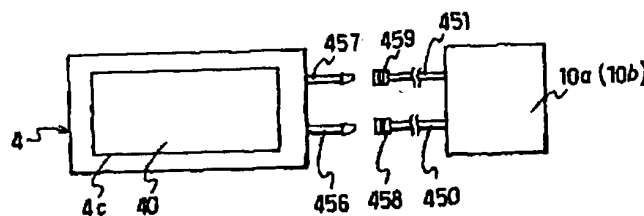
【第5-C図】



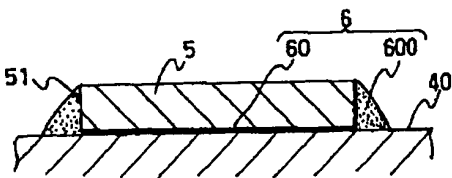
【第11-E図】



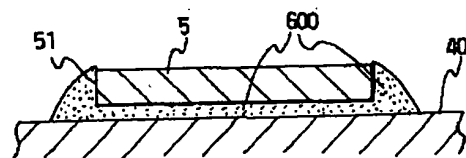
【第4-B図】



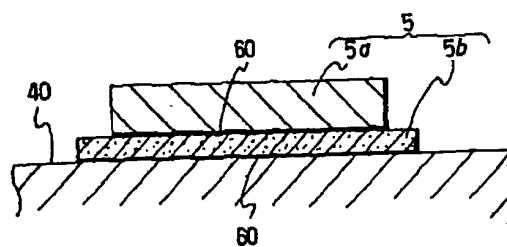
【第6-A図】



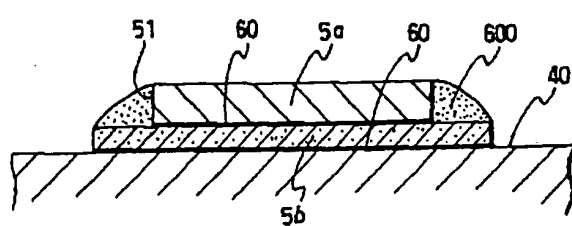
【第6-C図】



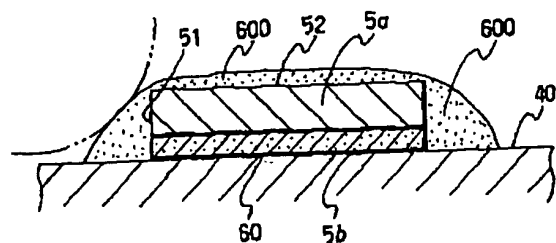
【第7-A図】



【第7-B図】

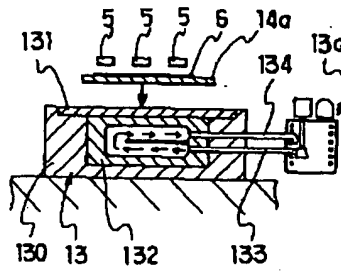
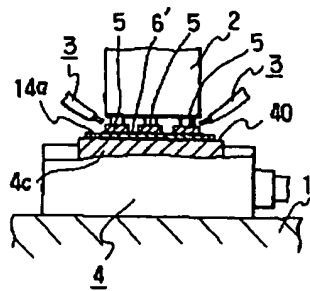


【第7-C図】

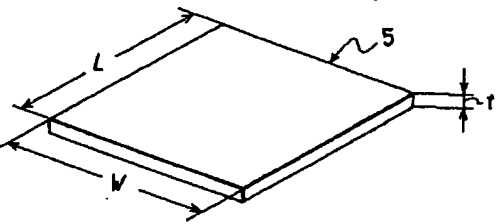




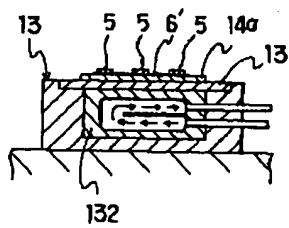
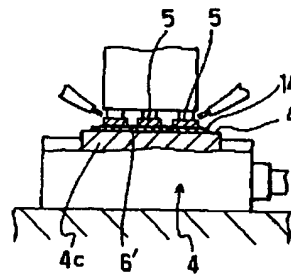
【第8-A図】



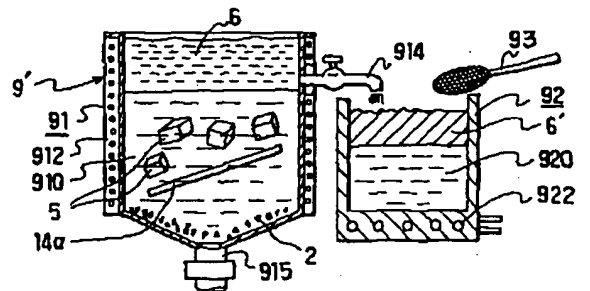
【第10-A図】



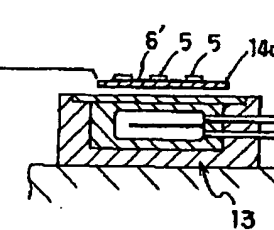
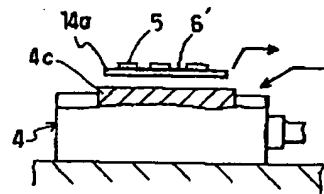
【第8-B図】



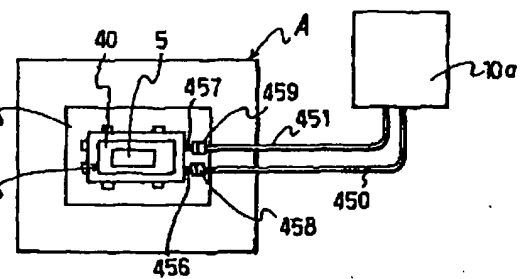
【第8-D図】



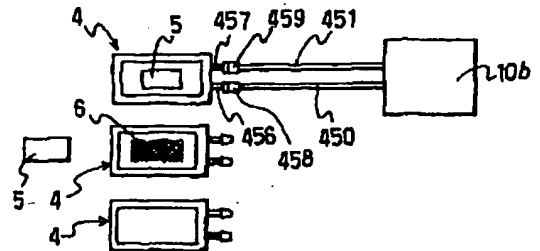
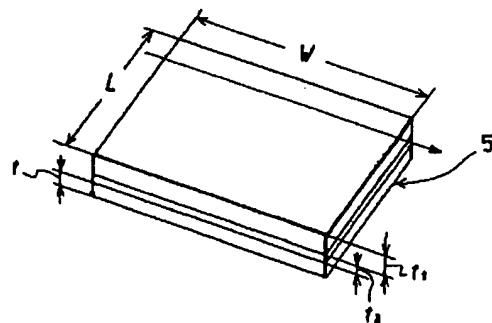
【第8-C図】



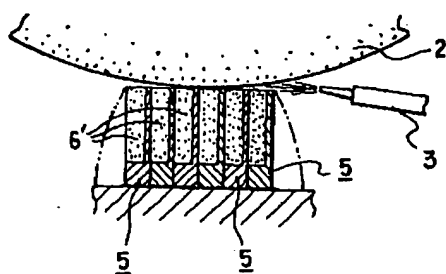
【第9図】



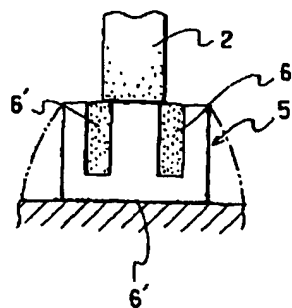
【第10-B図】



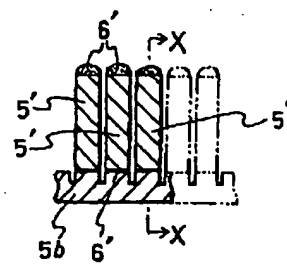
【第12-A図】



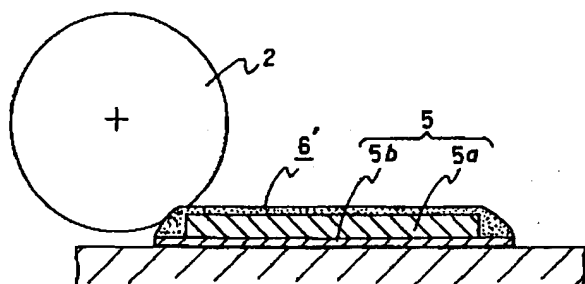
【第12-B図】



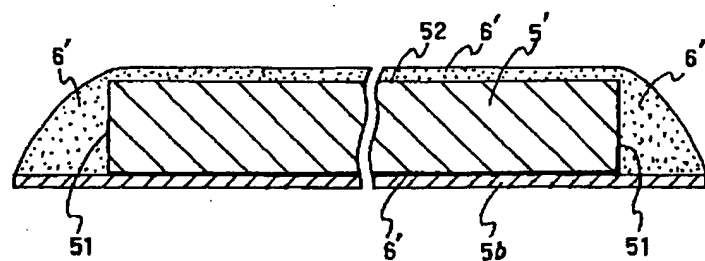
【第13-B図】



【第13-A図】



【第13-C図】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>6</sup>, DB名)

B23Q 3/08

H01L 21/68

C09J 5/00

H01L 21/304